

Attorney Docket # 5367-65

Patent

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of
Tony ALBRECHT et al.
Serial No.: 10/750,389
Filed: December 31, 2003
For: Light Emitting Diode Chip with Radiation-
Transmissive Electrical Current Expansion
Layer

Mail Stop
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

LETTER TRANSMITTING PRIORITY DOCUMENT

SIR:

In order to complete the claim to priority in the above-identified application under 35 U.S.C. §119, enclosed herewith is a certified copy of each foreign application on which the claim of priority is based: Application No. **102 61 676.0**, filed on December 31, 2002.

Respectfully submitted,
COHEN, PONTANI, LIEBERMAN & PAVANE

By Thomas Langer
Thomas Langer
Reg. No. 27,264
551 Fifth Avenue, Suite 1210
New York, New York 10176
(212) 687-2770

Dated: August 26, 2004

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 61 676.0
Anmeldetag: 31. Dezember 2002
Anmelder/Inhaber: Osram Opto Semiconductors GmbH,
Regensburg/DE
Bezeichnung: Leuchtdioden-Chip mit strahlungsdurchlässiger
elektrischer Stromaufweitungsschicht
IPC: H 01 L 33/00

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 17. Dezember 2003
Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to read "H. W. K.", is placed here.

W. K.

**CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT**

Beschreibung

Leuchtdioden-Chip mit strahlungsdurchlässiger elektrischer Stromaufweitungsschicht

5

Die Erfindung bezieht sich auf einen Leuchtdioden-Chip mit einer epitaktischen Halbleiterschichtenfolge, die eine elektrische Strahlung aussendende aktive Zone aufweist, und einer elektrischen Kontaktstruktur, welche eine strahlungsdurchlässige elektrische Stromaufweitungsschicht, die ZnO enthält, sowie eine elektrische Anschlußschicht umfasst.

10

Hocheffiziente Halbleiter-Leuchtdioden benötigen in vielen Fällen eine großflächige Stromeinbringung in die Halbleiterschichtenfolge mit der strahlungsemittierenden aktiven Zone. Eine Möglichkeit dies zu gewährleisten, ohne großflächige lichtabsorbierende Leiterbahnstrukturen anzubringen, ist die Herstellung strahlungsdurchlässiger elektrischer Kontakte, welche z.B. eine strahlungsdurchlässige Stromaufweitungsschicht aufweisen.

20

25

30

Strahlungsdurchlässige, elektrisch leitende Materialien wie Zinnoxid, Indiumoxid, Indiumzinnoxid oder Zinkoxid sind beispielsweise aus der Anwendung bei Solarzellen bekannt. Für eine Anwendung in einer Stromaufweitungsschicht einer Leuchtdiode scheint hierbei Zinkoxid (ZnO) am geeignetsten zu sein, da es im Vergleich mit den anderen genannten Materialien keine so starke Alterung bei hohen Temperaturen erfährt und zudem über große Wellenlängenbereiche eine hohe Transmission elektromagnetischer Strahlung hat (siehe z.B. US 6,207,972).

35

Leuchtdioden mit ZnO-haltigen, strahlungsdurchlässigen Stromaufweitungsschichten sind beispielsweise aus den Druckschriften JP 2000-353820 und JP 2001-044503 bekannt. In den darin beschriebenen Ausgestaltungen elektrischer Kontaktbereiche ist die Stromaufweitungsschicht auf der gesamten vorderen Chip-Oberfläche (d.h. die Oberfläche, die zur Abstrahlrich-

tung hin gewandt ist) aufgebracht. Der Stromaufweitungs-
schicht ist jeweils eine elektrische Anschlußschicht nachge-
ordnet, welche zum Anschließen eines Bondingdrahtes dienen
kann. Ein Nachteil dieser Strukturen ist, dass durch eine auf
5 der Stromaufweitungs-
schicht aufgebrachte Anschlußschicht, welche in der Regel mindestens ein Metall aufweist, weiterhin
ein erheblicher Teil der von der aktiven Zone ausgesandten
elektromagnetischen Strahlung absorbiert wird.

10 Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, einen Leucht-
dioden-Chip der eingangs genannten Art zu entwickeln, bei dem
Strahlungsverluste durch Absorption in einer elektrischen An-
schlußschicht verringert sind.

15 Diese Aufgabe wird durch einen Leuchtdioden-Chip mit den
Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Die Ansprüche 2 bis 19 ge-
ben vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung an.

20 Gemäß der Erfindung weist ein Leuchtdioden-Chip der eingangs
genannten Art eine elektrische Kontaktstruktur auf, die eine
strahlungsdurchlässige elektrische Stromaufweitungs-
schicht, welche ZnO enthält, und eine elektrische Anschlußschicht um-
fasst. Dabei weist die Stromaufweitungs-
schicht ein Fenster auf, in dem die Anschlußschicht auf einer Mantelschicht der
25 Halbleiterschichtenfolge aufgebracht ist. Die Anschlußschicht
ist elektrisch leitend mit der Stromaufweitungs-
schicht verbunden und weist zur Mantelschicht einen Übergang auf, der
bei Anlegen einer elektrischen Spannung an den Leuchtdioden-
Chip in Betriebsrichtung nicht oder nur derart schlecht elek-
30 trisch leitend ist, dass der gesamte oder nahezu der gesamte
Strom über die Stromaufweitungs-
schicht in die Halbleiter-
schichtenfolge fließt.

35 Bei einem derartigen Leuchtdioden-Chip wird weniger Strom in
den Bereich unter der Anschlußschicht injiziert, d.h. in den
Bereich, der, relativ zur vorderen Chipoberfläche gesehen,
senkrecht unterhalb der Anschlußschicht liegt. Das bedeutet,

dass in diesem Bereich kein oder zumindest weniger Licht erzeugt wird und dass dadurch, verglichen mit herkömmlichen elektrischen Kontaktstrukturen, weniger Licht von der elektrischen Anschlußschicht absorbiert wird. Insbesondere bei
5 sehr kleinen Leuchtdioden-Chips, die typischerweise eine vordere Oberfläche von kleiner als oder gleich $0,004 \text{ mm}^2$ haben, verbessert sich dadurch der Wirkungsgrad erheblich.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform ist die Anschlußschicht
10 metallisch und weist der Übergang von der Anschlußschicht zur Mantelschicht eine Potentialbarriere auf, die bei Anlegen einer elektrischen Spannung an den Leuchtdioden-Chip in Betriebsrichtung vergrößert wird.

15 Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Leuchtdioden-Chips ist der Schichtwiderstand von Zwischenschichten der Halbleiterschichtenfolge zwischen der aktiven Zone und der elektrischen Kontaktstruktur jeweils größer als oder gleich $200 \Omega\text{cm}^2$. Dadurch ist gewährleistet,
20 dass auch innerhalb dieser Zwischenschichten sehr wenig Strom in dem Bereich unter der Anschlußschicht fließt, was die Erzeugung von Licht in diesem Bereich und somit die von der Anschlußschicht absorbierte Intensität an Licht weiter reduziert wird.

25 Besonders vorteilhaft ist eine Stromaufweitungsschicht mit einem Schichtwiderstand von kleiner als oder gleich $190 \Omega\text{cm}^2$, bevorzugt von kleiner als oder gleich $30 \Omega\text{cm}^2$. Durch einen niedrigen Schichtwiderstand der Stromaufweitungsschicht wird der Strom weitestgehend homogen über die gesamte Grenzfläche zwischen der Stromaufweitungsschicht und der Mantelschicht in den Leuchtdioden-Chip eingespeist.

Mit Vorteil erstreckt sich die Anschlußschicht auf der von
35 der Halbleiterschichtenfolge abgewandten Seite der Stromaufweitungsschicht über das Fenster hinaus und ist derart auf die vorderseitige Oberfläche der Stromaufweitungsschicht auf-

gebracht, dass sie diese teilweise bedeckt und dass der Übergang von der Anschlußschicht zur Stromaufweitungsschicht in diesem Bereich elektrisch leitend ist. Dadurch wird eine elektrisch leitende Grenzfläche zwischen Anschlußschicht und 5 Stromaufweitungsschicht vergrößert und somit der elektrische Widerstand zwischen diesen Schichten verringert.

Die Halbleiterschichtenfolge ist besonders bevorzugt InGaAlP-basiert. Unter InGaAlP-basiert ist zu verstehen, dass die 10 Halbleiterschichtenfolge auf Basis von $In_xGa_yAl_{1-x-y}P$, mit $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ und $x+y \leq 1$ erzeugt ist, wobei insbesondere die aktive Zone ein derartiges Material aufweist. Die Mantelschicht kann ein derartiges Material aufweisen, kann aber auch aus einem anderen Material bestehen.

15 Mit besonderem Vorteil weist die Mantelschicht $Al_xGa_{1-x}As_yP_{1-y}$, mit $0 \leq x \leq 1$ und $0 \leq y \leq 1$, bevorzugt mit $0,1 \leq x \leq 0,5$ und $y = 1$ oder mit $x = 0$ und $y = 0$ auf.

20 Die Mantelschicht ist vorteilhafterweise p-dotiert, wobei der Dotierstoff Zn und/oder C ist.

Bei einer Ausführungsform des Leuchtdioden-Chips weist die 25 Mantelschicht mit besonderem Vorteil eine Dotierstoffkonzentration von zwischen etwa $5 \cdot 10^{17}$ und etwa $5 \cdot 10^{19}$, insbesondere zwischen etwa $1 \cdot 10^{18}$ und etwa $1 \cdot 10^{19}$ auf, wobei die Grenzen jeweils eingeschlossen sind.

30 Vorteilhafterweise weist die Stromaufweitungsschicht Al auf. Bevorzugt beträgt der Anteil von Al in der Stromaufweitungsschicht höchstens 10 %, besonders bevorzugt liegt dieser Anteil zwischen einschließlich 1 % und einschließlich 3 %.

35 Eine Dicke der Stromaufweitungsschicht des erfindungsgemäßen Leuchtdioden-Chips beträgt bevorzugt zwischen 100 und 600 nm, besonders bevorzugt zwischen 450 und 550 nm, wobei die Grenzen jeweils eingeschlossen sind.

Die Stromaufweitungsschicht weist mit besonderem Vorteil eine Dicke auf, die etwa einem Viertel der Wellenlänge einer von dem Leuchtdioden-Chip ausgesandten Strahlung entspricht. Durch werden Strahlungsverluste durch innere Reflexion an den Grenzflächen zur Stromaufweitungsschicht verringert. Eine derartige Stromaufweitungsschicht wirkt somit zusätzlich als Vergütungsschicht.

Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Leuchtdioden-Chips ist die Stromaufweitungsschicht derart mit wasserdichtem Material versehen, dass sie weitestgehend vor Feuchtigkeit geschützt ist. Der Einfluß von Feuchtigkeit kann zu einer deutlichen Verschlechterung der Kontakteigenschaften der Stromaufweitungsschicht zur Mantelschicht führen.

Vorteilbringend ist das wasserdichte Material ein für eine von dem Leuchtdioden-Chip ausgesandte elektromagnetische Strahlung transparentes Dielektrikum. Bevorzugt weist dieses Dielektrikum einen oder mehrere der Stoffe aus der Gruppe bestehend aus Si_xNy , SiO , SiO_2 und Al_2O_3 auf.

Mit besonderem Vorteil ist der Brechungsindex des wasserdichten Materials kleiner als der Brechungsindex der Stromaufweitungsschicht. Insbesondere ist der Brechungsindex des wasserdichten Materials derart angepaßt, dass Reflexionen der von dem Leuchtdioden-Chip ausgesandten Strahlung an Grenzflächen zum wasserdichten Material weitestgehend minimiert werden.

In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform weist die Stromaufweitungsschicht eine Dicke auf, welche etwa einem ganzzahligen Vielfachen von der Hälfte der Wellenlänge einer von dem Leuchtdioden-Chip ausgesandten Strahlung entspricht. Zudem weist hierbei das wasserdichte Material eine Dicke auf, die etwa einem Viertel dieser Wellenlänge entspricht. Durch die Wahl und Kombination solcher Dicken werden Reflexionen

der ausgesandten Strahlung an Grenzflächen zur Stromaufweitungsschicht und zum wasserabweisenden Material des Leuchtdioden-Chips verringert.

5 Die Dicke des wasserdichten Materials beträgt bevorzugt etwa 50 bis 200 nm, einschließlich der Grenzen dieses Bereichs.

Weitere Vorteile und bevorzugte Ausführungsformen ergeben sich aus den nachfolgend in Verbindung mit den Figuren 1 und 10 2 erläuterten zwei Ausführungsbeispielen. Es zeigen:

Figur 1 eine schematische Schnittansicht eines ersten Ausführungsbeispiels eines Leuchtdioden-Chips und

15 Figur 2 eine schematische Schnittansicht eines zweiten Ausführungsbeispiels eines Leuchtdioden-Chips.

20 · Gleichartige oder gleichwirkende Bestandteile sind in den Ausführungsbeispielen jeweils mit dem gleichen Bezugssymbol versehen.

Der in Figur 1 dargestellte Leuchtdioden-Chip umfasst ein Substrat 1 und eine Halbleiterschichtenfolge 6, die eine Strahlung emittierende aktive Zone 3 aufweist, die zwischen einer vom Substrat gesehen vorgeordneten Halbleiterschicht 2 und einer vom Substrat gesehen nachgeordneten Halbleiterschicht 4 angeordnet ist, sowie eine Mantelschicht 5 umfasst, die auf der vom Substrat abgewandten Seite der aktiven Zone 3 angeordnet ist. Die Halbleiterschichten 2 und 4 sowie die Mantelschicht 5 können jeweils aus einer einzelnen Halbleiterschicht bestehen oder eine Schichtfolge aus einer Mehrzahl von Halbleiterschichten aufweisen.

35 Die Halbleiterschichtenfolge 6 ist InGaAlP-basiert und die aktive Zone 3 weist beispielsweise einen strahlungserzeugenden pn-Übergang oder eine Einfach- oder Mehrfach-Quantenstruktur auf. Solche Strukturen sind dem Fachmann be-

kannt und werden von daher an dieser Stelle nicht näher erläutert.

Die nachgeordnete Halbleiterschicht 4 und die Mantelschicht 5 haben einen relativ hohen elektrischen Schichtwiderstand, der für jede Schicht größer als $200 \Omega \text{cm}^2$ ist. Die Mantelschicht 5 besteht beipieleweise aus $\text{Al}_{0,5}\text{Ga}_{0,5}\text{As}$, das z.B. mittels des Dotierstoffes C oder Zn mit der Konzentration von etwa $5 \cdot 10^{18}$ p-leitend dotiert ist.

10

Auf der Oberfläche der Mantelschicht ist eine elektrische Kontaktstruktur 10 aufgebracht, die eine elektrische Stromaufweitungsschicht 7 mit einem Fenster aufweist, in welches eine elektrische Anschlußschicht 9 aufgebracht ist. Die Stromaufweitungsschicht 7 besteht beipieleweise aus $\text{Al}_{0,02}\text{Zn}_{0,98}\text{O}$ und hat eine Dicke von beispielsweise 500 nm. Die Anschlußschicht 9 weist beispielsweise mindestens ein geeignetes Metall auf und wird derart auf die Mantelschicht 5 aufgebracht, dass sich zu dieser z.B. ein Schottky-Kontakt ausbildet, dessen Potentialbarriere sich bei Anlegen einer Spannung an den Leuchtdioden-Chip in Betriebsrichtung vergrößert, wodurch ein Ladungstransport durch die Grenzfläche zwischen Mantelschicht 5 und Anschlußschicht 9 weitestmöglich reduziert wird.

25

Bei der Herstellung kann entweder zuerst die Stromaufweitungsschicht 7 oder die Anschlußschicht 9 aufgebracht werden, wobei der erste Fall bevorzugt ist.

30

Die Oberfläche der Mantelschicht 5 wird unmittelbar vor dem Beschichten gereinigt, beispielsweise mit HCl, wonach sie trockengeblasen wird, was etwa mit Stickstoff geschehen kann. Nachfolgend wird die Stromaufweitungsschicht 7 beispielsweise mittels Gleichspannungs-Sputtern aufgebracht.

35

Die Stromaufweitungsschicht muss zum Erreichen der spezifischen Eigenschaften nachfolgend kurz getempert werden, was

z.B. mittels Rapid-Thermal-Annealing bei einer Temperatur von größer als oder gleich 450°C geschehen kann. Der Schichtwiderstand der Stromaufweitungsschicht 7 beträgt z.B. $16 \Omega\text{cm}^2$, wodurch gewährleistet ist dass der Strom weitestgehend gleichmäßig über die gesamte Grenzfläche zwischen Stromaufweitungsschicht und Mantelschicht 5 in den Leuchtdioden-Chip injiziert wird.

Auf die Stromaufweitungsschicht wird nachfolgend Photolack aufgebracht, der strukturiert wird, indem der Bereich des für die Anschlußschicht vorgesehenen Fensters mit Licht bestrahlt wird, was beispielsweise mittels einer geeigneten Maske geschehen kann. Danach wird das Fenster in der Stromaufweitungsschicht 7 mittels zum Ätzen der Photolackschicht und zum Ätzen der Stromaufweitungsschicht geeigneten Säuren ausgebildet. Nachfolgend wird die Anschlußschicht, welche aus mehreren Teilschichten bestehen kann, aufgebracht und das die Stromaufweitungsschicht bedeckende Material z.B. durch Abheben beseitigt, indem der restliche Photolack mittels einer dafür geeigneten Säure entfernt wird.

Die Stromaufweitungsschicht 7 ist mit einer Schicht aus wasserdichtem Material 8 bedeckt, wodurch sie weitestgehend vor Feuchtigkeit geschützt ist. Das wasserdichte Material 8 weist z.B. SiO_2 auf und ist für die von dem Leuchtdioden-Chip ausgesandte Strahlung transparent. Es wird mit einer Dicke von beispielsweise 100 nm aufgetragen, was durch einen weiteren Lithographie-Schritt geschehen kann. Alternativ zu dem in Figur 1 dargestellten Ausführungsbeispiel können z.B. auch die Seitenflanken der Stromaufweitungsschicht 7 oder weitere Flächen des Leuchtdioden-Chips mit wasserdichtem Material bedeckt sein. Für den Fall, dass die Stromaufweitungsschicht mit einem wasserdurchlässigen Material bedeckt ist, kann das wasserdichte Material auf dieses aufgebracht werden.

35

Um innere Reflexion an Grenzflächen zu vermeiden, kann die Dicke der Stromaufweitungsschicht 7 derart angepasst sein,

dass sie bei einem ganzzahligen Vielfachen von der Hälfte der Wellenlänge der von dem Leuchtdioden-Chip ausgesandten Strahlung entspricht und die Dicke des wasserdichten Materials 8 derart, dass sie etwa einem Viertel dieser Strahlung entspricht.

Alternativ kann das wasserdichte Material 8 auch weggelassen sein, etwa wenn der Leuchtdioden-Chip für eine Anwendung vorgesehen ist, bei der er nicht mit Wasser in Kontakt kommt oder bei der die Stromaufweitungsschicht 7 anderweitig vor Wasser geschützt ist, welches ansonsten eine starke Verschlechterung der Eigenschaften des elektrischen Kontaktbereiches verursachen kann.

Bei dem in Figur 2 veranschaulichten zweiten Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Leuchtdioden-Chips erstreckt sich die Anschlußschicht 9, im Unterschied zum oben anhand von Figur 1 erläuterten Ausführungsbeispiel, über das Fenster in der Stromaufweitungsschicht 7 hinaus und bedeckt diese teilweise vorderseitig. Die Grenzfläche zur Stromaufweitungsschicht 7 ist elektrisch leitend, so daß durch einen derartigen Leuchtdioden-Chip der Widerstand zwischen Anschlußschicht 9 und Stromaufweitungsschicht 7 verkleinert wird, indem die Grenzfläche zwischen den Schichten vergrößert wird, welche bei lediglich seitlich angrenzenden Schichten relativ klein sein kann.

Die Beschreibung der Erfindung anhand der Ausführungsbeispiele ist selbstverständlich nicht als Beschränkung der Erfindung auf diese anzusehen. Vielmehr fallen sämtliche optoelektronischen Chips in den Bereich der Erfindung, bei denen eine Stromaufweitungsschicht auf der Basis von ZnO auf einem Halbleitermaterial verwendet ist, die ein Fenster aufweist, in dem eine mit der Stromaufweitungsschicht elektrisch leitend verbundene elektrische Anschlußschicht auf das Halbleitermaterial aufgebracht ist.

Patentansprüche

1. Leuchtdioden-Chip, welcher eine epitaktische Halbleiter-
schichtenfolge mit einer elektromagnetische Strahlung aussen-
5 denden aktiven Zone und eine elektrische Kontaktstruktur auf-
weist, die eine strahlungsdurchlässige elektrische Stromauf-
weitungsschicht, welche ZnO enthält, und eine elektrische An-
schlußschicht umfasst,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

10 - dass die Stromaufweitungsschicht ein Fenster aufweist, in
dem die Anschlußschicht auf einer Mantelschicht der Halb-
leiterschichtenfolge aufgebracht ist;

- dass die Anschlußschicht mit der Stromaufweitungsschicht
elektrisch leitend verbunden ist und

15 - dass der Übergang von der Anschlußschicht zur Mantel-
schicht im Betrieb des Leuchtdioden-Chips nicht oder nur
derart schlecht elektrisch leitend ist, dass der gesamte
oder nahezu der gesamte Strom über die Stromaufweitungsschicht
in die Halbleiterschichtenfolge fließt.

20

2. Leuchtdioden-Chip nach Anspruch 1,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

dass die Anschlußschicht ein Metall aufweist und dass der
Übergang von der Anschlußschicht zur Mantelschicht eine elek-
trische Potentialbarriere aufweist.

25 3. Leuchtdioden-Chip nach Anspruch 1 oder 2,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

dass der Schichtwiderstand von Zwischenschichten der Halblei-
30 terschichtenfolge zwischen der aktiven Zone und der elektri-
schen Kontaktstruktur jeweils größer als oder gleich $200 \Omega \text{cm}^2$
ist.

35 4. Leuchtdioden-Chip nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

dass die Stromaufweitungsschicht einen Schichtwiderstand von kleiner als oder gleich $190 \Omega \text{cm}^2$, bevorzugt von kleiner als oder gleich $30 \Omega \text{cm}^2$ hat.

5 5. Leuchtdioden-Chip nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Anschlußschicht auf der von der Halbleiterschichtenfolge abgewandten Seite der Stromaufweitungsschicht über das Fenster hinaus erstreckt und derart auf die vorderseitige Oberfläche der Stromaufweitungsschicht aufgebracht ist, dass sie diese teilweise bedeckt und dass der Übergang von der Anschlußschicht zur Stromaufweitungsschicht in diesem Bereich elektrisch leitend ist.

15 6. Leuchtdioden-Chip nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Halbleiterschichtenfolge auf $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{P}$ basiert, mit $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ und $x + y \leq 1$.

20 7. Leuchtdioden-Chip nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Mantelschicht $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{P}_{1-y}$ aufweist, mit $0 \leq x \leq 1$ und $0 \leq y \leq 1$, bevorzugt mit $0,1 \leq x \leq 0,5$ und $y = 1$ oder mit $x = 0$ und $y = 0$.

25 8. Leuchtdioden-Chip nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Mantelschicht p-dotiert ist, mit dem Dotierstoff Zn und/oder C.

30 9. Leuchtdioden-Chip nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Mantelschicht mit einer Dotierstoffkonzentration zwischen etwa $5 \cdot 10^{17}$ und etwa $5 \cdot 10^{19}$, insbesondere zwischen etwa $1 \cdot 10^{18}$ und etwa $1 \cdot 10^{19}$ dotiert ist, wobei die Grenzen jeweils eingeschlossen sind.

10. Leuchtdioden-Chip nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Stromaufweitungsschicht Al aufweist.
- 5 11. Leuchtdioden-Chip nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Anteil von Al in der Stromaufweitungsschicht zwischen 0% und einschließlich 10%, bevorzugt zwischen einschließlich 1% und einschließlich 3% liegt.
- 10 12. Leuchtdioden-Chip nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Stromaufweitungsschicht eine Dicke zwischen 100 und 600 nm, insbesondere zwischen 450 und 550 nm hat, wobei die 15 Grenzen jeweils eingeschlossen sind.
13. Leuchtdioden-Chip nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Stromaufweitungsschicht eine Dicke aufweist, die etwa einem Viertel der Wellenlänge einer von dem Leuchtdioden-Chip ausgesandten Strahlung entspricht.
- 20 14. Leuchtdioden-Chip nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Stromaufweitungsschicht derart mit wasserdichtem Material versehen ist, dass sie hinreichend vor Feuchtigkeit geschützt ist.
- 25 15. Leuchtdioden-Chip nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass das wasserdichte Material ein für eine von dem Leuchtdioden-Chip ausgesandte elektromagnetische Strahlung transparentes Dielektrikum ist.
- 30 16. Leuchtdioden-Chip nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet,

dass das Dielektrikum einen oder mehrere der Stoffe Si_xN_y , SiO , SiO_2 und Al_2O_3 aufweist.

17. Leuchtdioden-Chip nach einem der Ansprüche 14 bis 16,

5 durch gekennzeichnet,
dass der Brechungsindex des wasserdichten Materials kleiner
als der Brechungsindex der Stromaufweitungsschicht ist und
insbesondere für eine Minimierung von Reflexionen der von dem
Leuchtdioden-Chip ausgesandten Strahlung an Grenzflächen zum
10 wasserdichten Material weitestgehend angepasst ist.

18. Leuchtdioden-Chip nach einem der Ansprüche 14 bis 16,

durch gekennzeichnet,
dass die Stromaufweitungsschicht eine Dicke aufweist, die et-
15 wa einem ganzzahligen Vielfachen von der Hälfte der Wellen-
länge einer von dem Leuchtdioden-Chip ausgesandten Strahlung
entspricht, und dass das wasserdichte Material eine Dicke
aufweist, die etwa einem Viertel dieser Wellenlänge ent-
spricht.

20

19. Leuchtdioden-Chip nach einem der Ansprüche 14 bis 18,

durch gekennzeichnet,
dass die Dicke des wasserdichten Materials zwischen ein-
schließlich 50 und einschließlich 200 nm liegt.

5

Zusammenfassung

Leuchtdioden-Chip mit strahlungsdurchlässiger elektrischer Stromaufweitungsschicht

5

Leuchtdioden-Chip, welcher eine Halbleiterschichtenfolge mit elektromagnetische Strahlung aussendender aktiven Zone und eine elektrische Kontaktstruktur aufweist, die eine strahlungsdurchlässige elektrische Stromaufweitungsschicht, welche

10 ZnO enthält, und eine elektrische Anschlußschicht umfasst.

Die Stromaufweitungsschicht weist ein Fenster auf, in dem die Anschlußschicht auf einer Mantelschicht der Halbleiterschichtenfolge aufgebracht ist, wobei die Anschlußschicht mit der Stromaufweitungsschicht elektrisch leitend verbunden ist. Zu-
15 dem ist der Übergang von der Anschlußschicht zur Mantel-
schicht bei Anlegen einer elektrischen Spannung an den Leuchtdioden-Chip in Betriebsrichtung nicht oder nur derart schlecht elektrisch leitend, dass der gesamte oder nahezu der gesamte Strom über die Stromaufweitungsschicht fließt.

20

Figur 1

Fig 1

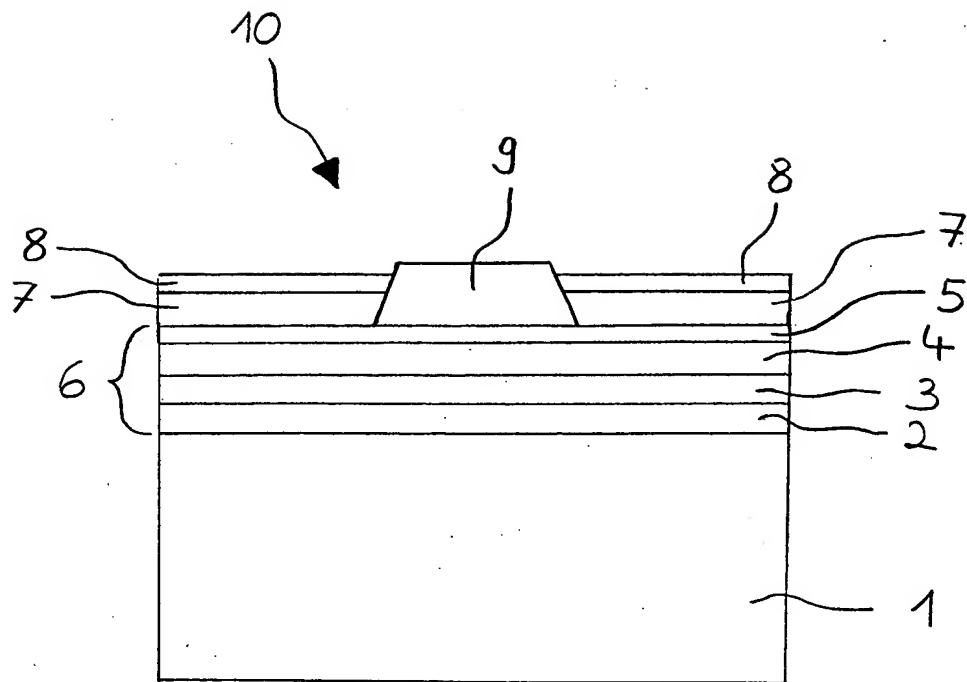


Fig 2

